

计 算 机

〔美〕 W. 科利斯 著

芮国章 译

安世祥 校

内 容 简 介

本书是介绍电子计算机的科普读物。书中先简单地回顾几千年来计算技术的发展和计算机的诞生,然后介绍电子计算机的主要部件、工作原理和使用,并扼要讨论计算机使用的二进制记数和最基本的电子学线路。

本书可供具有中等文化水平的读者阅读。

W. Corliss
COMPUTERS
ERDA

计 算 机

〔美〕W. 科利斯 著

芮昌章 译

安世祥 校

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1979年12月第一版 开本:787×1092 1/32

1979年12月第一次印刷 印张:3 1/8

印数:0001—79,200 字数:57,000

统一书号:15031·257

本社书号:1576·15—8

定价: 0.27 元

前 言

计算机在美国能源研究发展总署

现代科学与工程领域的很多领域，如果没有计算机是不可能有所进展的，在原子能方面尤其如此。在美国能源研究发展总署的实验室中，有一些世界上最大最先进的计算机。计算机技术发展迅速，科学家和工程师们对这些精密机器的需要是如此之大，因此我们总是尽可能使用最新式的。美国能源研究发展总署经常与计算机制造者密切协作，提供技术和财政支援，以帮助他们研制新式计算机和采用新技术。

尽管要求用巨大的计算机功率来解决的问题种类繁多，各有不同，但我们可以把大多数科学与技术应用分为三个大类：第一类是工程设计，这涉及很多计算，用以把工程师关于如何制造一台机器或部件的想法变换为详细的制造方案。第二类是对核反应堆和原子武器及其效果进行数学模拟。第三类是收集和分析实验数据，并控制实验室仪表。在美国能源研究发展总署，计算机在行政管理方面的应用也起着巨大作用。

即使单单设计一个齿轮，也需要对作用于齿轮上的各种力以及对所用材料的特性进行许多计算。必须精确地算出齿

轮的尺寸,要考虑到它将接触到的其他部件的尺寸,它在工作时由于发热而发生的膨胀,以及由于老化而可能引起的磨损。在很多情况下,对一台自动机床的详细指令是由计算机自动发出的,这样,只要操作人员稍有帮助,机床就可以制出那个部件来。

计算机使科学家和工程师们能通过使用数学模型、即用代表设备或程序的重要性能的方程来“测试”设备。例如,无需经过实际爆炸,计算机就可用来估计某种核武器的效果。在解这些方程之后,设计者就可知道一个器件在实际制成并投入运转时会如何运行的很多情况——不管它是导弹弹头、核反应堆还是一架飞机。和器件的全尺寸实物原型相比,数学模型有三个主要优点:(1)可在短期内制成;(2)费用较少;(3)可用以进行实际上是无数次的实验。用以模拟一个民用动力反应堆的热输出量或一颗炸弹的爆炸效果的微分方程是如此复杂,只有借助于计算机才能解决。

使用计算机控制工厂和实验室仪器、记录数据、分析结果、然后再把这些结果“反馈”到控制程序中去的做法,或许不甚引人注目,但是却同样重要。例如,你可能见过描笔记录器,它把温度连续地记录在一卷移动的图表纸上。测候员能够读出温度,并留有永久记录以备以后使用。在化学实验中,或许有必要用计算机监视温度,看看有无任何偏离允许变动范围的趋势,并采取某种控制措施,例如关闭阀门。同样,用计算机控制机床,机床便可感知金属工件的尺寸,进行切削,测量已切下多少,并根据需要进行继续切削。

能源研究中使用的某些仪器是如此昂贵，动作又如此迅速，所以就需要用大计算机来完成这些控制功能。例如，粒子加速器是研究受控条件下的核反应的工具。象中子这样一个粒子“射”到靶上时，一般要把这时所产生的子元素的发射拍摄下来。每天可以得到几百万张这样的照片。这种设备的代价很高，所以要求最大限度地利用它。只有计算机才能控制这种高速设备，并以足够快的速度“阅读”和解释这些照片，以便跟上生产。

计算机除了这些科学上的应用外，美国能源研究发展总署还把它用在行政管理上：用计算机来帮助总署订立管理计划，以便为各项规划和项目分配资源；给总署雇员支付薪金；及时记录财务账目；安排附属各工厂的工作。公用事业公司为建立核反应堆所提出的执照申请书，其处理过程也用计算机记录下来。还用计算机检索原子核科学的成堆的技术文献，使科学家们总是能及时了解其他人所做的最新工作。计算机也用来记录科研项目的进展以及科研预算。我们甚至开始用数学模型来帮助制定预算的要求。这类例子不胜枚举。总之，计算机已成为科学、工程 and 管理的必需品。

美国能源研究发展总署
管理情报及电讯系统部主任
施瓦茨

目 录

前言	i
计算机在美国能源研究发展总署	i
善算的奇才	1
计算机的诞生	3
木杆、石子和算盘	3
那个奇异的天才查尔斯·巴贝奇	8
1890 年的人口普查	13
“大黄铜脑”和其他模拟计算机	14
万尼瓦尔·布什的微分分析机	18
对计数的要求	20
自动计算机化的世界?	25
计算机的剖析	28
一般化的数字计算机	28
输入终端	29
二进制入门	31
磁存储器	37
在运算单元中进行计算	45
计算机电子学入门	47
美妙的编组站——控制单元	54
从计算机中取出数据	57
怎样与计算机对话	63
软件与固件	67
计算机的家谱	69

善算的奇才

1846年,亚当斯博士曾问十岁的亨利·斯塔福德说:“你心算一下,365,365,365,365,365,365乘以365,365,365,365,365,365是多少?”这个孩子咬着手指,转动一下眼珠,他笑着说。然后,不到一分钟,他给出了正确的答案:

133,491,850,208,566,925,016,658,299,941,583,225.

齐拉·科尔伯恩是另一位善算的奇才,他是美国弗蒙特州一个农民的儿子。当他八岁时,有人让他心算 8^{16} 是多少。他毫不犹豫地回答说,是281,474,976,710,656,这使考场里的学者们赞叹得流出了眼泪。

我们不知道这些心算奇迹是怎样实现的,犹如我们不知道象莫扎特这样的音乐奇才是怎样回忆起一部大交响曲中的每一个音符。我们只知道,这种天赋只是少数人所独有的。如果这个具有几十亿人口的现代世界要想顺利迅速地发展下去,那就必须依靠机器运算来进行银行结账,盘点存货,计算火箭弹道,以及设计核反应堆。

这本小册子讲述导线、晶体管和人的创造性如何结合而制造出这样一种机器,使它在速度、准确性和持久性方面超过了历史上所有的计算奇才,虽然并不见得有多么神秘。



当商人们转来转去的时候，纽约股票交易所的一位官方报告员快速地把出售的细目股份总额、价格和交易股票数记在一张计算机卡片上。卡片插入他身旁的电子阅读器后，这些情报将立即闪现在全世界 9000 个交易所的股票行情自动收录器和显示板上

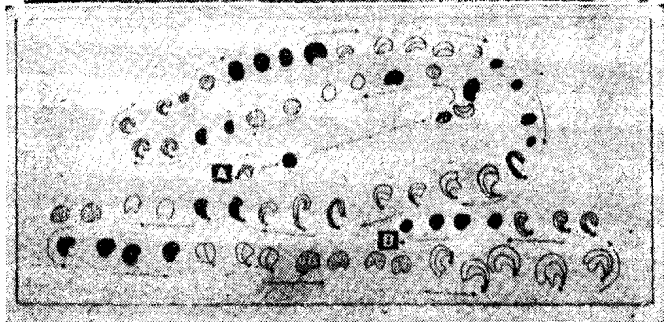
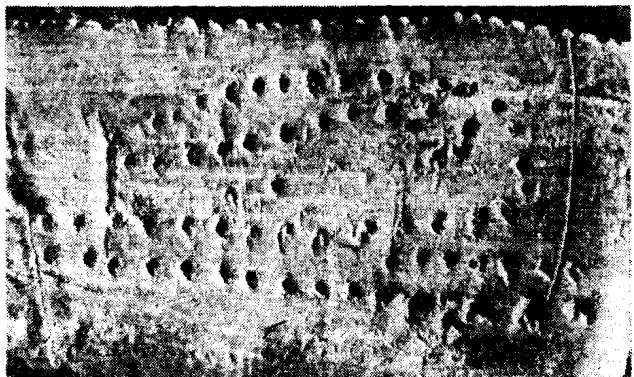
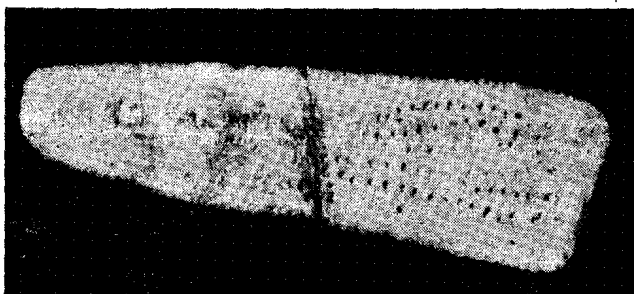
计算机的诞生

木杆、石子和算盘

人类最早的有意识的数学运算,大概只是简单的计数:部落里的人数,牧群里的牛数,以及据有的妻子人数。当所涉及的数目多过手指(或许还包括脚趾)时,就必须发明某种新的计算方法了。对于原始人来说,成堆的木杆和石子或在沙子和洞壁上做记号,都是自然的计算助力。加减只要在这些原始记数单上添加或抹掉一些符号就能进行。今天,现代电子数字计算机就是以同样简单的方式计数的。磁带卷上的磁化点和串在导线上的一系列铁环取代了洞壁,我们现在不是在壁上划记号,而是使用磁化铁环或磁化点的办法来做记号,同时用颠倒磁化方向的办法抹掉记号。

实际上,古代人的进展远远超出了简单计算。哈佛大学的亚历山大·马沙克博士认为,冰河时期的人曾经仔细地研究了天空,并创造了一个“月球标志”的复杂系统。曾经发现了10,000到35,000年前的一些骨头和鹿角,上面刻着能与天文事件联系起来的符号和记录。

大陆冰盖退去以后,石群的建造者们进一步用巨大的石头制造了一个月食计算器,这些石头是从几百英里以外搬运到索尔兹伯里平原的。据天文学家杰拉尔德·霍金斯说,石



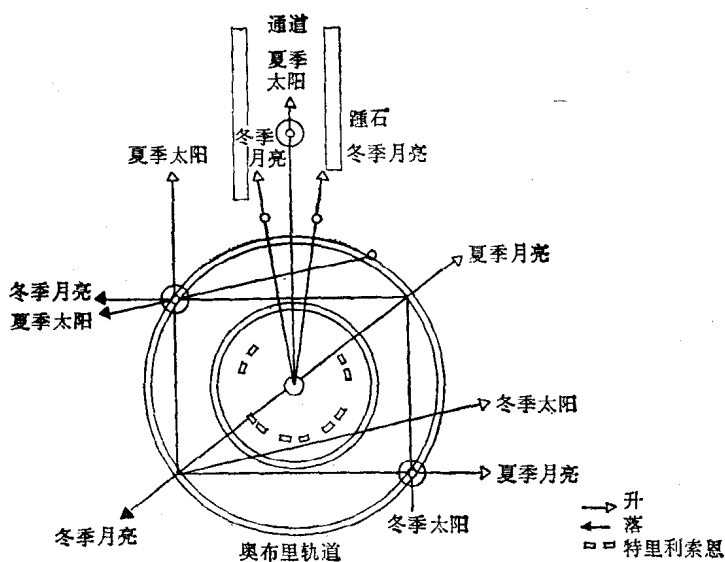
上：在法国布兰查德发现的公元前 32000 年前后欧洲冰河时期的雕刻骨头，这是目前已知的最早的人类记号；中：骨头雕刻部分详图；下：骨头上所有符号的图解说明，在一段时间里积累起来的这些图象，使用了不同的雕刻工具和笔划类型。马沙克博士认为这是月亮的盈亏图象，代表了 24 个月的记号



或许石群的最显著的特点，是它可用来准确地预测月食和月球的其他现象。沿着五十六个奥布里孔（因其发现者而得名）的圆圈适当地移动六块石头，石群就能够准确地预测未来几百年内每一个重要的月球事件。实际上，它的准确性可以维持到公元 2100 年，届时有一孔需要重新调整

群既是一个天文台，又可通过使用围绕中心建筑物的孔环上的指示器，成为一个月食预测器。巨石器时代的人对天文台和精确的历法有强烈的爱好。巨石器时代的几百个天文台星罗棋布于欧洲。在其他大洲，我们也发现一些热中于研究天体及其运动的文化的残迹。中美洲的巨石球体的奇妙组合，以及由印加以前的人在干旱的秘鲁高原上挖掘的一条条很长的直线，或许也都是研究天文学的辅助物。天体运动的规律性对古代人的精确测量和计算无疑是个巨大的促进因素。

现在人类的数学已进步得远远超出简单计数，而达到代数和微积分了。而且，以计数为唯一惯用手段的电子数字计算机，也紧紧地跟上了数学的进展。似乎任何计算问题——

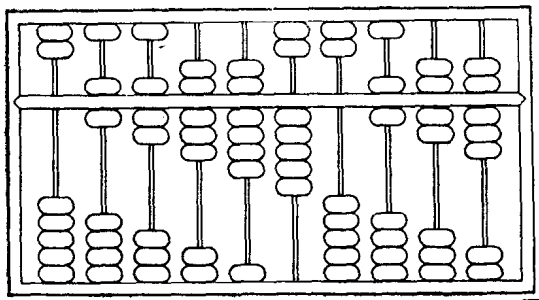


不管是在象棋比赛中考虑一着好棋，还是核对民航预定的座位，——都只要用计数的办法就能完成。

简单的计数并不是唯一的计算方法。人们也可以测量。古人一定注意到当太阳移过天空时，树影是如何慢慢地转过去。时间的推移能用影子在这种天然日规上的移动测量出来。因为当时没有火车可赶，原始人不需要精确的时间。当然，其后的早期文明研制了较准确的自然钟。日规、现代时钟、计算尺、温度计和汽车速度计的基本原理是测量某种模仿或模拟了我们想知道的事物的次级量。这样，沿着日规外缘的距离所模拟的是时间，而温度计里的水银柱则是温度的模拟。

模拟机和数字机这两类计算机，就是从测量和计数的简单概念演化来的。然而，大多数人说“计算机”时，指的是“数字计算机”，本书也将倾注全力于数字机。不过，我们应当记住，每个大型数字计算机都有成千上万的恒温器、面积仪、浴槽标尺，以及其他通过测量一种东西来“计算”另一种东西的小型模拟计算机。

谈到计算机的来历，不谈算盘是不全面的。在算盘上，计数的想法已经改进为使用滑珠而不使用手指了。与使用十进制的台式计算器(加法机)和以二计数的二进制电子数字计算机对比，算盘是个二五制的器件(象两只各有五个手指的手)，用一条横木把下面的五个算珠和上面的两个算珠分隔开来，上面的算珠是以一代五的。一个善于使用算盘的人能以“闪电速度”来来回回地拨动算珠，有时可以胜过一个精于使用普通台式计算器的人。可是，两者都超不过电子数字计算机(因为它的计算结果几乎是瞬时就得到的)，也超不过一个善算的



中国算盘是一个数字计算工具，熟练的操作者来来回回地拨动算珠，可以比得上现代的机电台式计算器

奇才。

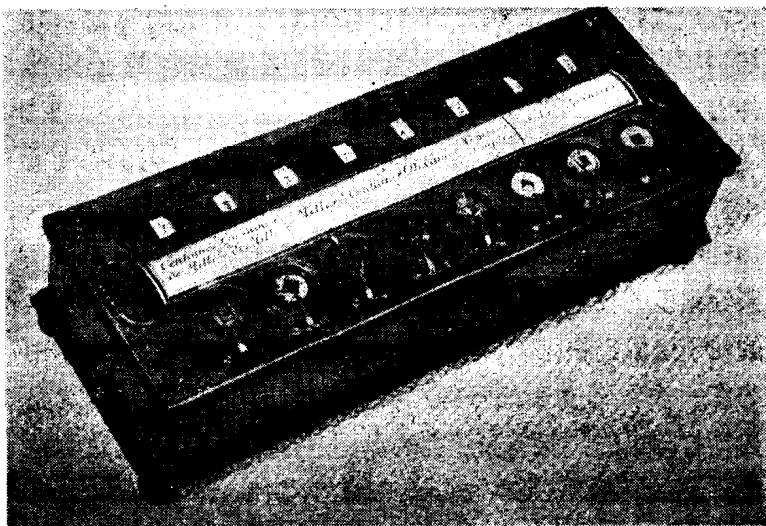
那个奇异的天才查尔斯·巴贝奇

有时历史似乎出了差错，一些事件不到从逻辑上说应当出现的时候就发生了。例如，达芬奇早就画出了直升飞机和一些战争武器的草图，可是这些东西过了很久以后才有可能被制造出来。查尔斯·巴贝奇在计算方面也是走在时间前面的一个类似的天才。他生在英国的德文郡，时间在1792年12月26日，是一个银行家的儿子。他想出了现代数字计算机的所有重要特点；即运算单元、存储单元、输入和输出电路，他还提出最有创造性的概念，即自动制定指令序列的概念，计算机借此就可不要人的帮助而从上一步运行到下一步。

巴贝奇出生时，英国的数学在牛顿死后的一百年期间简直是停滞不前。少数有文化的人也不会精确地计数。财务账很乱，对数表充满了错误，保险资料搞得乱七八糟。巴贝奇被这种令人不能容忍的事态所激怒，决心用计算机代替人来纠正这种情况。

计算机在当时几乎是没有的。1642年法国数学家布莱斯·巴斯卡曾经设计并自豪地展示了一台简易机械计算机，但是它并不比现代塑料“加法机”先进多少，这种“加法机”有电话式拨号盘，现在可在处理商店买到。巴贝奇估计，可以制造出高速加减大数字的机器。于是他着手进行这项工作。

巴贝奇在1820年构想了他的“差分机”，并于1822年完



1642年布莱斯·巴斯卡设计了这台机械式计算机，它是用一个触针操纵的数字式十进制计算机。数字由机器内的齿轮传给邻近的轮子

成了它。它是特为准备制作数学表设计的，用以计算如

$$x^2 + 2x + 63$$

这样的多项式。它基本上是齿轮和控制杆的合成成品，与现代的台式计算机相似，精确度达到六位。获得了这次成功后，巴贝奇试图制造一个更好的差分机，精确度达到二十位。大概因为巴贝奇的机器将会降低印刷数学表的成本，他甚至说服英国政府为这一计划捐助 17,000 英镑(当时是一笔巨款)。可是这一方案很快因制造问题陷入困境。十九世纪初期的金属加工工业只能制造光滑的大炮和好犁头，但不能制造巴贝奇的零件图中巧妙绘制的精密齿轮和联动装置。于是，这项计划

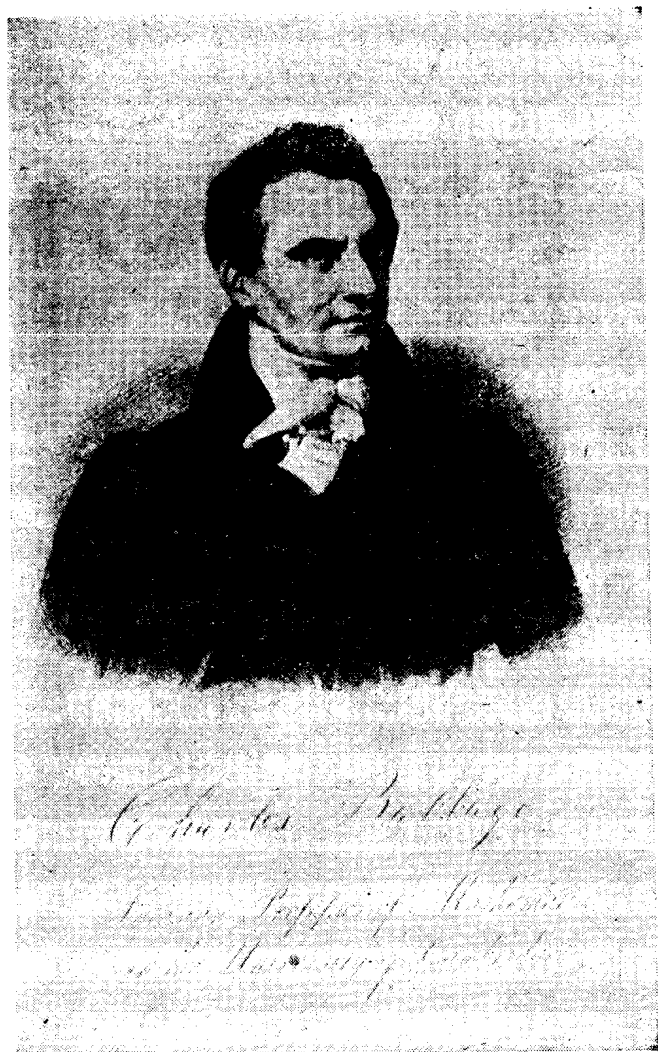
便夭折了，但在这之前巴贝奇已经有了一个新的理想，并培训了少数几个机械师来制造当时世界上最精密的金属部件¹⁾。

巴贝奇把他的新理想叫作“分析机”，它设计得象现代电子计算机一样灵活，能做各种计算。这个机器是由大批嵌齿、控制杆和齿轮装配而成的，由蒸汽动力开动（电在当时仍然是实验室里的稀物）。分析机的存储单元由大量刻有十个数字的轮子组成。根据做算术运算的“加工厂”的要求，可供使用的有一千个 50 位数的号码。就象现代计算机那样，答案是自动打印出的。更有预见性的是，分析机是由穿孔卡片自控的。

穿孔卡片的想法来自法国人约瑟夫·杰夸尔德的机械化织机，其中用穿孔卡片操纵机械化织机上的织图案装置。拜伦勋爵的女儿洛夫莱斯夫人是巴贝奇功绩的主要记录者，她这样写道：“分析机织出了代数图案，就象杰夸尔德的织机织出花和叶子一样”。这是一个绝妙的想法，只是太早了一百年。尽管他有独创性并投入了个人的财富，但巴贝奇不能蛙跳般地越过工业发展尚未到来的那个世纪。

巴贝奇在 1871 年死于伦敦，他所留下的遗产，我们尚未充分理解和估量。他写道：“任何人如果不惜步我的后尘，而能成功地建造一个包括了数学分析的全部执行部门的机器，……我就敢把我的声誉交给他去评价，因为只有他才能充

1) 巴贝奇所培训的某些人后来创办了一些机床公司，为英国的工业实力作出了重要贡献。



查尔斯·巴贝奇